

УДК 538.9:669.715

МИКРОСТРУКТУРА ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ЗАТВЕРДЕВАНИИ

Шепелевич В.Г., Гусакова О.В., Гусакова С.В.

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

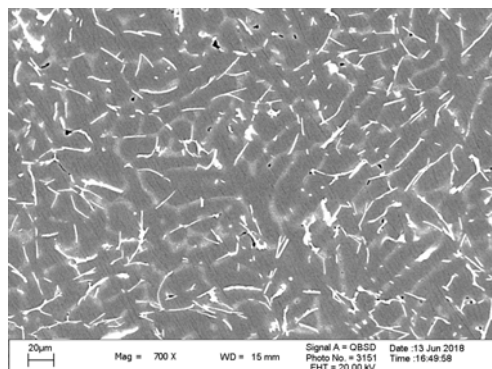
Силумины занимают третье место после сталей и чугуна по использованию в промышленности. Промышленное применение силуминов обусловлено их высокой жидкотекучестью, низкой склонностью к образованию усадки при литье, возможностью пайки и сварки, высокой коррозионной стойкостью и т. д. Основной нерешенной проблемой деформируемых силуминов (доэвтектических и эвтектического составов) получаемых традиционными методами является высокая хрупкость, поскольку они характеризуются неоднородностью и крупнодисперсностью фаз, в том числе кремния.

Очевидно, что для устранения вышеописанных недостатков необходимо использовать методы синтеза материалов обеспечивающие однородную структуру и измельчение фазовых составляющих, что приведет к оптимальным технологическим и механическим свойствам.

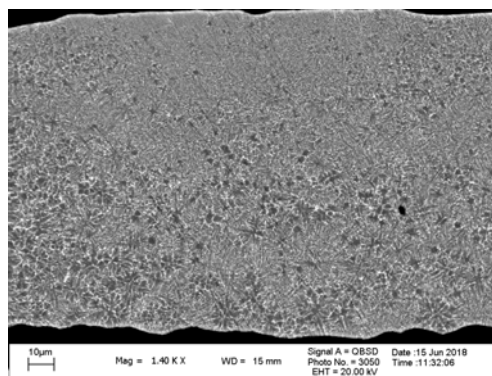
В последнее время для направленного модифицирования структуры и свойств используются сильно неравновесные условия кристаллизации, к которым относится высокоскоростное охлаждение расплава (СБЗР). В этом методе при растекании тонкого слоя жидкости по поверхности затвердевание начинается в условиях сильного начального переохлаждения и осуществляется с высокой скоростью движения границы раздела жидкой и твердой фаз. Это приводит к образованию мелкозернистых сплавов на основе пересыщенных твердых растворов и позволяет создавать материалы в виде фольг со структурой и свойствами, недостижимыми при традиционных методах получения [1, 2].

Высокоскоростное затвердевание доэвтектических силуминов, содержащих 7,1 ат. % Si, осуществлялось при использовании метода (СБЗР). В этом методе капля расплава исходного состава выливалась на внутреннюю полированную медную поверхность вращающегося барабана (кристаллизатора). Расплав растекался тонким слоем по поверхности кристаллизатора и застывал в виде фольги толщиной 60-80 мкм. Толщина фольги зависит от скорости вращения кристаллизатора и состава сплава. Для сравнения представлены результаты исследования массивных образцов доэвтектических силуминов того же состава синтезированных при затвердевании расплава в графитовой изложнице и его охлаждения со скоростью 10^2 К/с.

На рисунке 1 приведены микроструктуры массивных образцов и быстрозатвердевших фольг.



а



б

Рисунок 1 – Микроструктура массивных образцов (а) и быстрозатвердевших фольг (б)

Исследования распределения элементов в массивном образце и фольги показали, что затвердевание массивного образца протекает с образованием дендритов первичного твердого раствора на основе алюминия, при этом происходит отгеснение к границам дендритов атомов кремния и атомов примесей. По границам дендритов формируется слой толщиной в 10-20 мкм, состоящий из пластин алюминия и кремния, средний размер которых равен 3-5 мкм (рис. 2а). Содержащиеся в расплаве атомы примеси железа затвердевают в виде крупных пластин (на микрофотографии белые включения), длиной в несколько десятков микрон. Крупные протяженные включения являются концентраторами напряжений при воздействии нагрузки, что отрицательно влияет на механические свойства материала.

Анализ микроструктуры быстрозатвердевших фольг показал, что в основном объеме фольги кремний выделяется в виде тонкого слоя по границам ячеек и дендритов твердого раствора на основе алюминия, размеры которых ≈ 400 нм и 1-2 мкм, соответственно

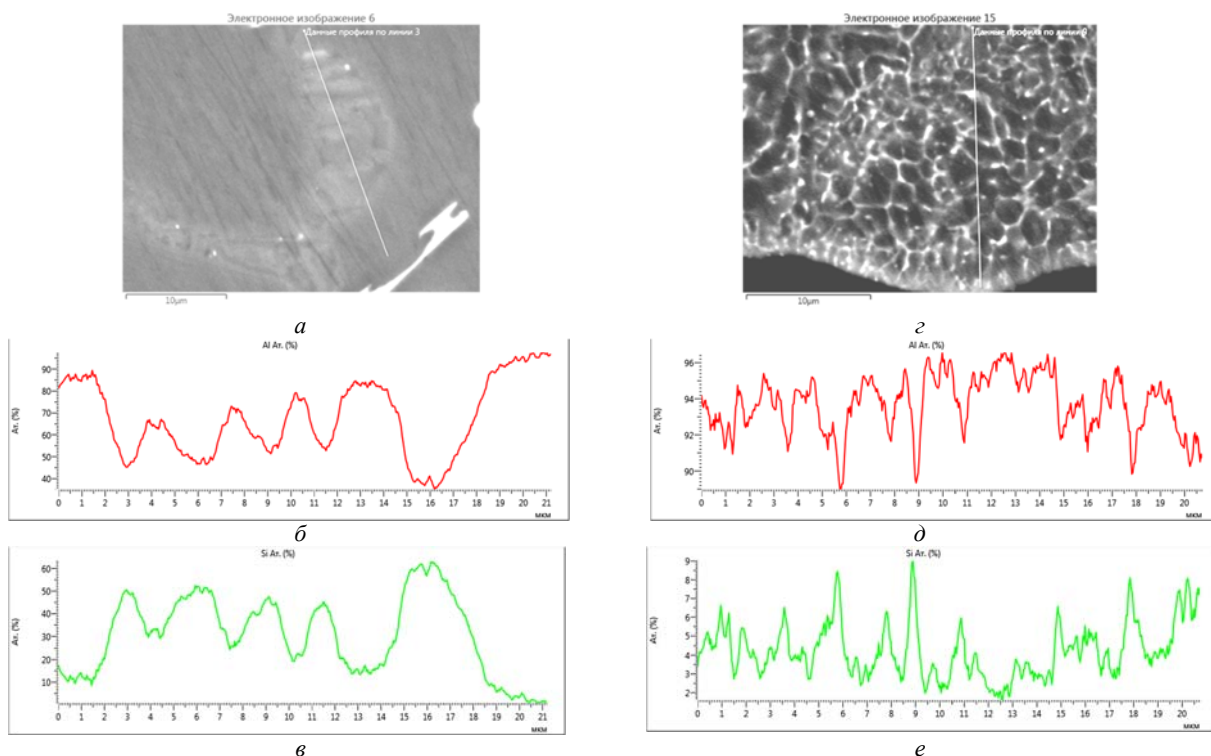


Рисунок 2 – Микроструктура и распределение элементов в массивном образце (а, б, в) и быстрозатвердевшей фольги сплава Al-7,1 ат. %Si

У стороны фольги, прилегающей к кристаллизатору наблюдается образование равномерно расположенных наноразмерных частиц кремния и фаз различных соединений на основе легирующих элементов. По мере уменьшения переохлаждения последовательно формируются слой ячеек и слой дендритов с постепенно увеличивающимся средним размером от нескольких сот нанометров до полутора-двух микрон. Укрупнение структурных составляющих у поверхности фольги, прилегающей к кристаллизатору, обусловлено более глубоким переохлаждением расплава, которое частично снимается за счет выделения скрытой теплоты кристаллизации. Элементный состав фольг доэвтектического сплава Al-7,1 ат. % Si при этом не изменяется.

Методом рентгеноспектрального микроанализа проводилось исследование элементного состава со стороны фольги, прилегающей к кристаллизатору (А) и со свободно затвердевающей стороны (В). При ускоряющем напряжении

20 кэВ толщина исследованного слоя оценивается равной ~ 3,5 мкм.

Таблица 1 – Элементный состав с двух сторон быстрозатвердевшей фольги

Сторона фольги	Концентрация элементов, ат. %				
	Al	Si	Fe	Mn	Ni
А	92,4	7,2	0,2	0,1	0,1
В	92,5	7,0	0,4	0,1	0,1

Таким образом, высокоскоростное затверждение доэвтектических силуминов Al-7 ат.%Si, обеспечивает ультрадисперсную микроструктуру, отсутствие крупных включений примесей и постоянство элементного состава по толщине.

Литература

1. Васильев В.А., Митин Б.С., Высокоскоростное затвердевание расплава (теория, технологии и материалы) / Под ред. Б.С. Митина. – М.: ИнтерметИнжиниринг, 1998. – 400 с.
2. Шепелевич В.Г. Быстрозатвердевшие легкоплавкие сплавы. – Минск: БГУ, 2015. – 192 с.

УДК 615.8-7

РАЗРАБОТКА АППАРАТА ДЛЯ МАГНИТОУЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕРАПИИ

Дедович Н.Н., Романов А.Ф.

НИИ прикладных физических проблем им.А.Н.Севченко БГУ, Минск, Республика Беларусь

В последние годы в медицинскую практику активно внедряются различные сочетанные физиотерапевтические методы, такие как фотоманитотерапия, электрофонотерапия и другие [1], когда на пациента одновременно воздействует

несколько лечебных факторов. Особенно перспективны сочетанные физиотерапевтические методы, позволяющие взаимно потенцировать действие сочетаемых физических факторов, сокращать время процедуры и уменьшать другие ее дозиметриче-